الكيمياء (عملي)

تحضير المحاليل القياسية

الفصل الأول :

تحضير المحاليل القياسية

الجدارة:

القدرة على تحضير المحاليل القياسية بتراكيزها و تنفيذ معايرات التحليل الحجمي و التحليل الوزني.

الأهداف:

بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية يكون المتدرب قادرا على:

١. إتقان حسابات و كيفية تحضير المحاليل القياسية بأنواع التراكيز المختلفة (المولارية و العيارية و النسبة المئوية و الجزء في المليون).
٢. تنفيذ معايرات الأحماض و القواعد و تعيين مولارية هيدروكسيد الصوديوم و مولارية حمض الهيدروكلوريك و تطبيق حسابات المعايرة و استنتاج تركيز المجهول.
٣. تنفيذ معايرات الترسيب و استنتاج تركيز المجهول في طريقة موهر.
٤. كتابة المعادلة الكاملة و الموزونة لتفاعلات الأكسدة والاختزال و تنفيذ تجارب الأكسدة و الاختزال بالطريقة الصحيحة.
٥. تنفيذ تجارب التحليل الوزني و إجراء الحسابات واستنتاج النسبة المئوية للصوديوم و الكلوريد في العينة.

الوقت المتوقع:

١٢ ساعة.

متطلبات الجدارة:

معرفة ما سبق دراسته في "جميع الحقائب السابقة".

الفصل الأول:

تحضير المحاليل القياسية

١. الأساس النظري:

التركيز هو نسبة كمية المذاب solute في المحلول solution ، و يعبر عن المذاب و المحلول بوحدات الوزن أو الحجم و هناك طرق عديدة للتعبير عن التركيز:

١. النسبة المئوية Percent.
٢. الجرام/لتر g/L .
٣. المولارية Molarity.
٤. العيارية Normality.
٥. الجزء في المليون (parts per million) ppm.

١ . ١ المحاليل القياسية و أنواعها:

هناك نوعين من المحاليل القياسية: المحلول القياسي الأولي Primary Standard Solution و المحلول القياسي الثانوي Secondary Standard Solution.

١ . ١ . ١ المحلول القياسي الأولي:

هو المحلول القياسي الذي يحضر من مادة قياسية أولية، و المادة القياسية الأولية هي المادة التي توزن مباشرة ثم تذاب في حجم معين من المذيب. و يجب توفر شروط للمادة القياسية الأولية:

١. يجب أن تكون نقية ١٠٠٪.
٢. ثابتة و لا تتأثر في الأحوال العادية حتى بطول الزمن.
٣. إمكانية وزنها دون إجراءات خاصة
٤. أن تكون قادرة على التفاعل كميا مع المادة المراد معايرتها.
٥. قابلة للذوبان في المذيبات المختلفة.
٦. أن يكون وزنها الجزيئي عاليا لتقليل نسبة الخطأ أثناء عملية الوزن.

أمثلة للمواد القياسية الأولية : كربونات الصوديوم ، رباعي برات الصوديوم Borax ، ثلاثي هيدروكسيد مثيل أمين، حامض الأوكساليك ، هيدروجين ثلاثي البوتاسيوم.

١ . ١ . ٢ المحلول القياسي الثانوي:

هو المحلول ذو تركيز تقريبي و الذي يحضر باستخدام مادة غير أولية. لكي يستعمل المحلول القياسي الثانوي فلابد أن يوجد تركيزه الحقيقي و يتم ذلك عن طريق معايرته بواسطة محلول قياسي أولي، و تسمى هذه العملية بالتقييس أو التعيير Standardization.

مثال: حمض الهيدروكلوريك HCl ليست مادة قياسية أولية لأنها لا تنطبق عليها الشروط الواجب توفرها للمواد القياسية الأولية. و لذلك يحضر محلول قياسي من HCl ثم يعاير هذا المحلول باستخدام محلول قياسي أولي مثلا من كربونات الصوديوم و بعد ذلك يمكن استخدام حامض الهيدروكلوريك لمعايرة مواد أخرى.

أمثلة لمواد قياسية ثانوية: حمض الهيدروكلوريك HCl و هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

٢. خطوات تحضير المحاليل القياسية:

١. الحسابات : هنا يحسب الوزن أو الحجم المطلوب لتحضير المحلول القياسي و لهذا يجب تطبيق القانون المناسب.
٢. غسل و تنظيف الأوعية الزجاجية.
٣. التحضير.

التحضير رقم (١) : تحضير المحاليل القياسية بالمولارية و العيارية

أولا : تحضير محاليل قياسية بالمولارية

١ . الأساس النظري:

تعبر المولارية عن عدد المولات المذابة في واحد لتر من المحلول و حسب حالة المادة (صلبة أو سائلة) المستعملة نطبق القوانين التالية:

١ . ١ تحضير محلول مولاري من مادة صلبة:

$$\text{Weight} = \text{Molarity} \times \text{MW} \times \frac{\text{V (ml)}}{1000} \qquad (1)$$

علما بأن:

Weight: الوزن ، Molarity: المولارية ، MW: الوزن الجزيئي و V: حجم المحلول.

مثال: احسب الوزن اللازم لتحضير محلول من كلوريد البوتاسيوم تركيزه ٠,١ مولار و حجمه ١٠٠ مل.

الحل:

من الجدول الدوري (الملحق ١) نجد بأن الأوزان الذرية لكل من البوتاسيوم و الكلور هي ٣٩,١٠ و ٣٥,٤٥ على التوالي.

الوزن الجزيئي لـ KCl = ٣٩,١٠ + ٣٥,٤٥ = ٧٤,٥٥ جرام/مول

لكي نحسب الوزن، نطبق القانون رقم (١):

$$\text{Weight} = 0.1 \times 74.55 \times \frac{100}{1000} = 0.7455 \text{ g}$$

٢ . ٢ تحضير محلول مولاري من محلول مركز:

٢ . ٢ . ١ الكثافة Density و الوزن النوعي Specific gravity:

أ ـ تحسب الكثافة d لمادة ما من القانون التالي:

$$d = \frac{\text{mass (g)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}} \qquad (1)$$

علما بأن:

mass: كتلة المادة بالجرام.

volume: حجم المادة بـ سم^3 (١ سم^3 = ١ مل).

ب ـ يحسب الوزن النوعي SG لمادة ما من القانون التالي:

$$SG = \frac{d}{d_w} \qquad (2)$$

علما بأن:

SG: الوزن النوعي (بدون وحدات).

d: كثافة المادة (جرام/سم^3).

d_w: كثافة الماء (جرام/سم^3) (كثافة الماء = ١,٠٠٠ جرام/سم^3 عند 4^oC).

مثال:

الوزن النوعي لسائل يساوي ٠,٥٠. (١) ما هي كثافته؟ (٢) ما هو الحجم الذي يحتويه ١٨ جرام من هذا السائل؟

الحل:

أ. نطبق القانون (٢) للوزن النوعي لكي نجد كثافة السائل:

$$0.5 = \frac{d}{d_w} = \frac{d}{1\ g/cm^3}$$

$$d(g/cm^3) = 0.5 \times 1\ g/cm^3 = 0.5\ g/cm^3$$

ب. نطبق القانون (٢) لكي نجد الحجم الذي يحتوي ١٨ جرام من السائل:

$$d = \frac{\text{mass (g)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{volume (cm}^3\text{)} = \frac{\text{mass}}{d} = \frac{18}{0.5} = 36 \text{ cm}^3$$

٢ . ٢ . ٢ حسابات تحضير محلول مولاري من محلول مركز:

أولا يحول تركيز المحلول المركز إلى تركيز مولاري مستخدما القانون (٢) و من تم يطبق قانون التخفيف لإيجاد حجم المحلول المركز المطلوب تخفيفه مستخدما القانون (٣).

$$\text{Molarity} = \frac{\% \times d \times 10}{MW} \qquad (2)$$

علما بأن: M: المولارية

MW: الوزن الجزيئي.

d: كثافة المحلول المركز.

%: تركيز المحلول المركز بالنسبة المئوية.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \qquad (3)$$

علما بأن:

C_1: التركيز المولاري للمحلول المركز.

C_2: التركيز المولاري للمحلول المطلوب تحضيره .

V_1: حجم المحلول المركز بالمليلتر.

V_2: حجم المحلول المطلوب تحضيره بالمليلتر.

مثال: احسب الحجم اللازم لتحضير محلول من HCl، تركيزه ٢ مولار و حجمه ١ لتر علما بأن كثافة حمض الهيدروكلوريك تساوي 1.19 جرام/سم^3 و تركيزه يساوي ٣٧٪.

الحل:

من الملحق(١) نجد الأوزان الذرية للكلور و الهيدروجين: Cl=35.45 و H = 1.

الوزن الجزيئي لـ HCl = ٣٥,٤٥ + ١= ٣٦,٤٥ جرام/مول.

أولا نطبق القانون رقم (٢) لتحويل التركيز من النسبة المئوية إلى المولارية M:

$$M = \frac{1.19 \times 37 \times 10}{36.45} = 12.1\ M$$

ثانيا نحسب حجم المحلول المركز اللازم تخفيفه مستخدما القانون رقم (٣):

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{2 \times 1000}{12.1} = 165.29\ ml$$

٣. الأدوات و المواد المستخدمة:

١. ماء مقطر.
٢. كربونات الصوديوم Sodium Carbonate.
٣. حمض الكبريتيك المركز Concentrated sulfuric acid.
٤. ماء بارد أو ثلج.
٥. ميزان.
٦. زجاجة ساعة.
٧. ملعقة.
٨. كأس (٢٥٠ مل).
٩. دورق قياسي (١٠٠ مل).
١٠. قطارة.
١١. ساق زجاجي للتحريك.

٤ . تحضير محلول مولاري من مادة صلبة :

المطلوب: تحضر محلول قياسي من كربونات الصوديوم تركيزه ٠,٠٥ مولار و حجمه ١٠٠ مل.

٤ . ١ خطوات التحضير:

١. احسب وزن كربونات الصوديوم اللازم لتحضير المحلول المطلوب.
٢. زن كمية كربونات الصوديوم المحسوبة في زجاجة ساعة نظيفة أو ورقة.
٣. ضع كربونات الصوديوم في كأس فيه ماء مقطر ثم حرك حتى الذوبان التام.
٤. انقل المحلول الموجود في الكأس إلى الدورق القياسي ثم اغسل الكأس و انقل الغسيل إلى الدورق.
٥. أضف ماء مقطر حتى العلامة. استعمل قطارة لإضافة القطرات الأخيرة.

٥ . تحضير محلول قياسي مولاري من مادة سائلة :

المطلوب تحضير محلول تركيزه ١ مولار و حجمه ١٠٠ مل من حمض الكبريتيك المركز H_2SO_4.

٥ . ١ خطوات تحضير المحلول القياسي:

☠ احذر! حمض الكبريتيك المركز يحرق الجلد ! استعمل قفاز.
☠ احذر! يضاف الحمض المركز إلى الماء المقطر و ليس العكس.
☠ احذر! ينتج عن تحضير هذا المحلول حرارة عالية: ضع الدورق في ثلج أو ماء بارد.

١. استخرج تركيز و كثافة حمض الكبريتيك من المعلومات المتوفرة على ملصقة العبوة.
٢. حول التركيز من النسبة المئوية إلى المولارية.
٣. احسب حجم حمض الكبريتيك المركز اللازم لتحضير المحلول.
٤. ضع كأس في ثلج (أو ماء بارد) ثم ضع في هذا الكأس ماء مقطر.
٥. مستعملا ماصة، انقل حجم حمض الكبريتيك في الكأس ببطء مع التحريك.
٦. انقل المحلول الموجود في الكأس إلى الدورق القياسي موضوع في الثلج (أو الماء البارد).
٧. اغسل الكأس بماء مقطر و أضف الغسيل إلى الدورق القياسي.
٨. أكمل الدورق القياسي حتى العلامة مستعملا قطارة عند الاقتراب من العلامة.

ثانيا : تحضير محاليل قياسية بالعيارية

١. الأساس النظري:

يستعمل هذا النوع من التركيز (العيارية) عادة في معايرات التحليل الحجمي و تعبر العيارية Normality، التي يرمز لها بـ N، عن الأعداد الأوزان المكافئة no. of equivalent weights المذابة في لتر واحد من المحلول.

$$(1)\quad \boxed{N = \frac{\text{no. of equivalent weights}}{\text{Volume (L)}}}$$

١ . ١ الوزن المكافئ:

الوزن المكافئ يساوي الوزن الجزيئي MW للمركب الكيميائي مقسوما على عدد الوحدات المتفاعلة في ذلك الجزيء no. of reacting units.

$$\boxed{\text{no. equivalents} = \frac{\text{MW}}{\text{no. of reacting units}}} \qquad (2)$$

١ . ٢ عدد الوحدات المتفاعلة reacting units:

يختلف تعريف عدد الوحدات المتفاعلة حسب نوع المعايرات:

١ . ٢ . ١ معايرات الأحماض و القواعد:

عدد الوحدات المتفاعلة في هذه الحالة تساوي عدد البروتونات H^+ التي يوفرها الحمض أو التي تتفاعل مع القاعدة.

١ . ٢ . ٢ معايرات الأكسدة و الاختزال:

عدد الوحدات المتفاعلة في هذه الحالة تساوي عدد الإلكترونات التي يوفرها العامل المختزل أو يكسبها العامل المؤكسد.

١ . ٣ أمثلة عن طريقة حساب الوزن المكافئ:

١ . ٣ . ١ الأحماض:

مثال١:

$$CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$$

الوزن المكافئ لـ CH_3COOH يساوي وزنه الجزيئي لأن الحمض يوفر ١ بروتون.

مثال ٢:

$$H_2SO_4 \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$$

من القانون (٢) نجد بأن الوزن المكافئ يساوي ٤٩ (الوزن الجزيئي للحمض = ٩٨).

١ . ٣ . ٢ القواعد:

الوزن المكافئ لقاعدة يساوي وزنها الجزيئي مقسوما على عدد H^+ التي تتفاعل مع جزيء واحد من القاعدة

$$NaOH + H^+ \rightarrow H_2O + Na^+$$

الوزن المكافئ لـ NaOH يساوي وزنه الجزيئي لأن القاعدة تتفاعل مع بروتون واحد.

$$Na_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2CO_3$$

من القانون (2) نجد بأن الوزن المكافئ لـ Na_2CO_3 يساوي ٥٣ (الوزن الجزيئي للكربونات يساوي ١٠٦).

٤ . ١ طريقة حساب الوزن عند تحضير محلول عياري من مادة صلبة:

$$\text{no. equivalents} = \frac{\text{MW}}{\text{equivalent weights}} \quad (3)$$

من القانون (١) نستخرج عدد الأوزان المكافئة no. of equivalents:

$$\text{no. of equivalents(eq)} = \text{N(eq/L)} \times \text{Volume (L)} \quad (4)$$

و من القانون (٢) و (٤) نستخرج معادلة لحساب الوزن:

$$\text{Weight (g)} = \text{N} \times \text{equivalent weight} \times \frac{\text{V (mL)}}{1000} \quad (5)$$

مثال:

احسب وزن هيدروكسيد الصوديوم NaOH لتحضير ١٠٠ مل محلول قياسي تركيزه 0.1N علما بأن NaOH يتفاعل حمض الهيدروكلوريك HCl.

الحل:

من الملحق (١) نجد بأن الأوزان الذرية للصوديوم و الأكسيجين و الهيدروجين تساوي ٢٣، ١٦ و ١ على التوالي. الوزن الجزيئي لـ NaOH يساوي ٤٠.

الوزن المكافئ يساوي ٤٠ لأن عدد الوحدات المتفاعلة تساوي ١.

تحسب وزن NaOH من القانون (٥):

$$\text{Weight} = 0.1 \times 40 \times \frac{100}{1000} = 0.4 \text{ g}$$

١ . ٥ طريقة حساب الحجم عند تحضير محلول عياري من محلول مركز:

القوانين المستخدمة لحساب حجم المحلول المركز تتشابه مع تلك الخاصة بالمولارية:

$$N = \frac{\% \times d \times 10}{\text{equivalent weight}} \qquad (6)$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \qquad (7)$$

١ . ٦ العلاقة بين المولارية Molarity (M) و العيارية Normality (N):

يمكن التعبير بين المولارية و العيارية بالمعادلة التالية:

$$N = M \times \text{no. of reacting units}$$

٢ . الأدوات و المواد الكيميائية:

١. كربونات الصوديوم Na_2CO_3.
٢. ماء مقطر.
٣. حمض الكبريتيك المركز Conc. H_2SO_4
٤. ميزان.
٥. زجاجة ساعة.
٦. ملعقة.
٧. كأس (٢٥٠ مل).
٨. دورق قياسي (١٠٠ مل).
٩. محراك زجاجي.

٣ . تحضير محلول عياري من مادة صلبة:

المطلوب تحضير محلول كربونات الصوديوم Na_2CO_3 تركيزه 0.05N و حجمه ١٠٠ مل علما بأنه يتفاعل مع حمض الكبريتيك H_2SO_4.

٤ . تحضير محلول قياسي بالعيارية لمادة سائلة :

المطلوب تحضير محلول من حمض الكبريتيك تركيزه 1N وحجمه ١٠٠ مل.

خطوات التحضير:

☠ احذر! حمض الكبريتيك المركز يحرق الجلد ! استعمل قفاز.

☠ احذر! يضاف الحمض المركز إلى الماء المقطر و لا العكس.

☠ احذر! ينتج عن تحضير هذا المحلول حرارة عالية: ضع الدورق في ثلج أو ماء بارد.

١. أوجد كثافة و تركيز محلول حمض الكبريتيك المركز.
٢. حول التركيز من النسبة المئوية إلى العيارية.
٣. احسب حجم الحمض المركز اللازم لتحضير المحلول المطلوب ثم قم بتحضير المحلول.

التحضير رقم (٢) : تحضير المحاليل القياسية بالجزء في المليون

١ . الأساس النظري:

يعبر عن التراكيز الصغيرة جدا بالجزء في المليون parts per million و الجزء في البليون و الوحدات الشائعة للتعبير عنها موضحة في الجدول (١).

الجدول (١): وحدات التعبير عن الجزء في المليون ppm و الجزء في البليون ppt

الوحدة	رمز الوحدة	Wt/Wt	Wt/Vol	Vol/Vol
الجزء في المليون	ppm	mg/kg	mg/L	µL/L
		µg/g	µg/mL	nL/mL
الجزء في البليون	ppb	µg/kg	µg/L	nL/L
		ng/g	ng/mL	pL/mL

علما بأن:

Wt : weight (الوزن).

Vol : volume (الحجم).

$1X10^{-6}$ = micro : µ

$1X10^{-9}$ = nano : n

$1X10^{-12}$ = pico : p

مثال: إذا طلب منك، مستخدما مركب NaCl، تحضير محلول قياسي من الصوديوم تركيزه ٥٠٠ ppm و حجمه ١ لتر اتبع الخطوات التالية:

أولا: حول الـ ppm المطلوب إلى المليجرام ثم الجرام.

500 ppm = 500 mg (Na)
500 mg = 0.5 g (Na)

ثانيا: احسب الكمية المطلوبة من NaCl و التي تحتوي على ٠,٥ جرام من Na:

$$\begin{aligned} &58.4 \text{ g NaCl} \rightarrow 23 \text{ g Na} \\ &\text{x NaCl} \rightarrow 0.5 \text{ g Na} \\ &\text{x} = \frac{58.4}{23} \times 0.5 = 1.269 \text{ g NaCl} \end{aligned}$$

و من ما سبق يمكن كتابة قانون عام لتحضير محاليل قياسية بـ ppm كما يلي:

$$\text{wt} = \frac{\text{ppm}}{1000} \times \frac{\text{MW}}{\text{at. wt.} \times \text{no. of atoms}} \times \frac{\text{V(ml)}}{1000} \qquad (1)$$

مثال:

احسب وزن كربونات الصوديوم Na_2CO_3 اللازم لتحضير محلول من الصوديوم تركيزه 1000 ppm و حجمه ١ لتر.

الحل:

نطبق القانون (١) علما بأن الوزن الجزيئي لكربونات الصوديوم يساوي ١٠٦ و عدد ذرات Na في هذا المركب يساوي ٢.

$$\text{wt} = \frac{1000}{1000} \times \frac{106}{23 \times 2} \times \frac{1000}{1000} = 2.30 \text{ g}$$

٢ . المواد و الأدوات المستخدمة :

١. كلوريد الصوديوم NaCl.
٢. ماء مقطر.
٣. ميزان.
٤. زجاجة ساعة.
٥. ملعقة.
٦. كأس (٢٥٠ مل).

٧. دورق قياسي سعة ١ لتر.
٨. دورق قياسي سعة ١٠٠ مل (٦ دوارق).
٩. ماصة.
١٠. سحاحة.
١١. محراك زجاجي.

٣ . التحضير:

المطلوب تحضير سلسلة من المحاليل القياسية من عنصر الصوديوم لديها التراكيز التالية:
٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ و ٢٥ ppm.

١. أولا حضر محول قياسي من Na تركيزه 1000 ppm و حجمه ١ لتر مستخدما مركب كلوريد الصوديوم.
٢. ثانيا حضر محلول من Na تركيزه 100 ppm و حجمه ١٠٠ مل (مستخدما المحلول السابق أي 1000 ppm). لذلك استخدم قانون التخفيف.
٣. حضر السلسلة القياسية من محلول الصوديوم السابق (أي 100 ppm). لذلك استخدم قانون التخفيف.

التحضير رقم (٣): تحضير المحاليل القياسية بالنسبة المئوية

١ . الأساس النظري:

أنواع تراكيز النسبة المئوية ثلاثة:

١. النسبة المئوية الحجمية (% v/v) : و هي تعبر عن عدد الملليترات المذابة volume of solute في ١٠٠ مل من حجم المحلول الكلي.

$$\%(v/v) = \frac{\text{volume of solute (ml)}}{\text{volume of solution (ml)}} \times 100$$

٢. النسبة المئوية الحجمية الوزنية (% w/v) : و تعبر عن عدد الجرامات من المذاب في ١٠٠ مل من المحلول.

$$\%(w/v) = \frac{\text{weight of solute (g)}}{\text{volume of solution (ml)}} \times 100$$

٣. النسبة المئوية الوزنية (% w/w) أو (% m/m): و تعبر عن عدد الجرامات المذابة من المذيب في ١٠٠ مل من حجم المحلول الكلي.

$$\%(w/w) = \frac{\text{weight of solute (g)}}{\text{mass of total solution (g)}} \times 100$$

مثال ١:

احسب الحجم اللازم من الأسيتون لتحضير محلول تركيزه ١٠٪ (v/v) و حجمه ١ لتر.

الحل:

$$\text{volume of solute (ml)} = \frac{\%\ (v/v) \times \text{volume of solution (ml)}}{100}$$

$$\text{volume of solute (ml)} = \frac{10 \times 1000}{100} = 100 \text{ ml}$$

المثال ٢:

احسب وزن كلوريد اللانثنوم $LaCl_3$ اللازم لتحضير ١ لتر من محلول قياسي من اللانثنوم La تركيزه 1%(w/v).

الحل:

التركيز 1%(w/v) يعني إذابة 1g في 100 mL.

∴ في 1L نذوب 10 g من La (وزن المذاب = ١٠ جم)

نحسب وزن كلوريد اللانثنوم (الوزن الجزيئي لـ $LaCl_3$ = ٢٤٥,٤) كالآتي:

$$\begin{array}{lcl} 245.4\ (LaCl_3) & \rightarrow & 138.9\ (La) \\ x & \rightarrow & 10\ g \\ x\ (LaCl_3) & = & 17.667\ g \end{array}$$

مثال ٣:

أذبت ٢٥ جرام من NaCl في ١٠٠ جرام من الماء. احسب تركيز المحلول بالنسبة (w/w)%.

الحل:

نستخدم القانون (٣) لحساب التركيز.

$$\%(w/w) = \frac{25\ g}{100 + 25\ g} \times 100 = 20\%$$

٢ . الأدوات و المواد الكيميائية :

١. محلول HCl مركز.
٢. كلوريد البوتاسيوم KCl.
٣. ميزان.
٤. زجاجة ساعة.
٥. ماصة.
٦. دورق قياسي (١٠٠ مل).
٧. قطارة.
٨. ماء مقطر.
٩. كأس.
١٠. قمع.
١١. محراك زجاجي.

٣ . تحضير المحاليل :

٣ . ١ تحضير محلول قياسي بالنسبة المئوية الحجمية (% v/v):

المطلوب تحضير ١٠٠ مل محلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 5%(v/v).

خطوات التحضير:

١. احسب الحجم اللازم لتحضير المحلول بتطبيق القانون المناسب.
٢. اغسل الأوعية الزجاجية بصابون ثم ماء ثم ماء مقطر.
٣. انقل مستعملا ماصة الحجم الذي تم حسابه إلى كأس نظيف فيه ماء مقطر ثم رج المحلول.
٤. انقل محتوى الكأس إلى الدورق القياسي.
٥. اغسل ما تبقي من المحلول الكأس بماء مقطر ثم انقل المحتوى إلى الدورق القياسي.
٦. أكمل بالماء المقطر حتى العلامة. يجب استعمال قطارة عند الاقتراب من العلامة.

٢ . ٣ تحضير محلول قياسي بالنسبة المئوية الحجمية الوزنية:

المطلوب تحضير محلول قياسي من البوتاسيوم Potassium حجمه ١٠٠ مل و تركيزه 1%(w/v) مستخدما كلوريد البوتاسيوم KCl.

خطوات تحضير المحلول القياسي:

١. احسب وزن KCl اللازم لتحضير المحلول القياسي من عنصر البوتاسيوم.
٢. زن كمية KCl المحسوبة ثم انقل هذه الكمية إلى كأس فيه ماء مقطر ثم حرك حتى الذوبان.
٣. انقل محتوى الكأس إلى دورق قياسي.
٤. اغسل الكأس بقليل من ماء مقطر ثم انقل إلى الدورق الحجمي.
٥. أضف ماء مقطر حتى العلامة. عند الاقتراب من العلامة يجب استعمال قطارة..

الفصل الثاني:

معايرات الأحماض و القواعد

١. الخلفية النظرية:

قبل البدء بتقدير تركيز الأحماض أو القواعد يتعين الحصول على محاليل قياسية لها لا يمكن استخدام الأحماض والقواعد الشائعة بشكل مباشر لتحضير محاليل قياسية لأنها متغيرة التركيب للأسباب التالية:

١. ١. حامض الهيدروكلوريك: يتطاير في التركيز العالية.
٢. ٢. حامض الكبريتيك: يمتص الماء لكنه لا يصبح رطباً.
٣. ٣. حامض النتريك: متطاير وعرضه للتفكك.

علاوة على ذلك فإن الأحماض المسماة بالأحماض المعدنية النقية ليست مواد نقية حيث أنها تحتوي على كميات متفاوتة من الماء.

هيدروكسيدات الصوديوم و البوتاسيوم: تمتص الرطوبة وتصبح رطبة ، تتفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الهواء:

$$2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

هيدروكسيد الكالسيوم: لا تذوب بشكل كامل كما أنها تتفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الهواء:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

الأمونيا: متطاير وهو محلول متغير التركيز.

١ . ١ خواص المادة القياسية الأولية:

هي المادة التي يعد محلولها بالوزن المباشر للمادة نفسها ثم إذابتها في محلول معلوم من المذيب و الشروط الواجب توافرها للمادة القياسية الأولية هي:

١. تكون ذات درجة عالية من النقاء.
٢. أن تكون مستقرة غير متأثرة بالهواء الجوي .
٣. أن تكون قادرة على التفاعل كمياً مع المادة المراد تقديرها.
٤. قابلة للذوبان في المذيبات المختلفة.
٥. أن تكون سهلة التجفيف والوزن.
٦. أن تكون ذات وزن جزيئي كبير لتقليل نسبة الخطأ في عملية الوزن.

١ . ٢ تقييس الأحماض:

لتقييس الأحماض يمكن استخدام المواد الشائعة التالية:

١. كربونات الصوديوم النقية. تحضر بتسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو كربونات الصوديوم اللامائية.
٢. البوراكس $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (ميتا بورات الصوديوم).
٣. كربونات الكالسيوم النقية.

١ . ٣ تقييس القواعد:

يمكن تقييس المحاليل القاعدية باستخدام الأحماض العضوية المتبلورة الصلبة مثل حامض الأوكساليك أو حامض السكسنيك والتي يمكن الحصول عليها بدرجة عالية من النقاوة.

١ . ٤ نظرية الأدلة:

معظم الأدلة المستخدمة في معايرات الأحماض والقواعد هي عبارة عن أحماض ضعيفة حيث إن درجة تفككها تتأثر بشكل كبير جداً بتغير تركيز أيون الهيدروجين في المحلول مؤدياً ذلك إلى التغير في اللون، على سبيل المثال الفينولفثالين حامض عضوي ضعيف جداً HA حيث أنه يتفكك إلى أيون الهيدروجين وأيون سالب الشحنة:

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

عديم اللون وردي

فعند إضافة محلول حمضي فإن تركيز أيون الهيدروجين الناتج من الحمض كبير جداً بالمقارنة بتركيز H الناتج من تفكك الدليل وهذا يؤدي إلى تثبيط (تقليل) تفكك الدليل لذا فإن الدليل سوف لن يتأين ولن يلاحظ لون عند إضافة محلول قلوي فإن أيونات الهيدروجين الناتجة من الدليل تتفاعل مع بعض أيونات الهيدروكسيل لتكوين الماء وبالتالي سوف يزداد تفكك الحامض الضعيف ويصاحب ذلك زيادة في ايونات A الملونة والتي تجعل المحلول ورديا ً، إن التغيرات في اللون هذه تحدث عند تركيزات مختلفة مع الأدلة المختلفة.

فيما يلي قائمة لبعض الأدلة الشائعة الاستعمال مع مدى pH الذي تحدث خلاله التغيرات في اللون:

مدى pH	الدليل	تغير اللون	
		الحامض	القاعدة
3- 4.4	الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر
4.4-6.3	الميثيل الأحمر	أحمر	أصفر
6-7.6	برمو ثايمول الأزرق	أصفر	أزرق
6-8	تباع الشمس	أحمر	أزرق
8.2-10	فينولفثالين	عديم اللون	أحمر

١ . ٤ . ١ خواص الدليل المناسب:

١. ١. يجب أن يكون التغير في لون الدليل واضحاً ، بعبارة أخرى يجب أن يكون الدليل حساساً، وهذا يعني عدم صلاحية الدليل إذا كان التغير في اللون يحتاج إلى 2 أو 3 مل من الكاشف.

٢. ٢. يجب أن يكون مدى pH والذي يحدث خلاله التغير في اللون دالاً على تمام التفاعل.

التجربة رقم (١): تعيين مولارية هيدروكسيد الصوديوم

١. مقدمة:

يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم طبقاً للمعادلة التالية:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

ونظراً لأن كلاً من الحمض والقاعدة المذكورين قويين فإنه يمكن استخدام أي دليل يمكن استعماله في هذه الحالة (المثيل البرتقالي أو الفينولفثالين).

٢. السلامة:

١. راجع القواعد العامة للسلامة (الملحق (١).
٢. الزي المعملي: بالطو، أحذية واقية، نظارات، قفازات.

٣. الأدوات و المواد المستخدمة:

١. سحاحة Burette.
٢. ماصة Pipette.
٣. دورق قياسي (١٠٠ مل) Volumetric flask.
٤. دورق مخروطي Conical flask.
٥. كأسين Beakers.
٦. قمع Funnel.
٧. محلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid, HCl.
٨. محلول هيدروكسيد الصوديوم Sodium hydroxide مجهول التركيز.
٩. دليل فينولفثالين Phenolphtalein Indicator.

٤. خطوات التجربة:

١. تملأ السحاحة بمحلول حمض الهيدروكلوريك و تأخذ القراءة الابتدائية للسحاحة.

٢. يؤخذ ١٠ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة ماصة و ينقل بعناية إلى دورق مخروطي.
٣. تضاف قطرة أو قطرتين من دليل الفينولفثالين إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم.
٤. يضاف محلول HCl تدريجيا إلى محلول NaOH مع تحريك محتويات الدورق في شكل دائري.
٥. عند اقتراب نقطة النهاية يضاف HCl قطرة قطرة حتى يتغير لون الدليل من أحمر وردي إلى عديم اللون. و تؤخذ القراءة النهائية للسحاحة.
٦. تعاد الخطوات (١ ـ ٥) ٣ مرات و يؤخذ متوسط الحجم.

التجربة رقم (٢) : تعيين مولارية حمض الهيدروكلوريك

١. مقدمة :

تتفاعل كربونات الصوديوم مع الأحماض القوية على مرحلتين كما يلي:

(1) $Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaHCO_3 + NaCl$
(2) $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$

عند نقطة التكافؤ في المرحلة (١) يكون الرقم الهيدروجيني يساوي ٨,٣ لذا يمكن استخدام دليل الفينولفثالين لتعيين هذه المرحلة ، أما في المرحلة (٢) حيث يكون الرقم الهيدروجيني يساوي ٣,٨ فلا يمكن استخدام الفينولفثالين بل يجب استخدام الميثيل البرتقالي.
في هذه التجربة يستخدم الميثيل البرتقالي لوحده ، لذا فإن معادلة التفاعل ما بين حمض الهيدروكلوريك و كربونات الصوديوم تكون كالتالي:

$$2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

٢. الأمان و السلامة :

١. راجع القواعد العامة للسلامة (الملحق (١).
٢. الزي المعملي: بالطو، أحذية واقية، نظارات، قفازات.

٣. الأدوات و المواد المستخدمة :

١. سحاحة Burette.
٢. ماصة Pipette
٣. دورق قياسي (١٠٠ مل) Volumetric flask.
٤. دورق مخروطي Conical flask.
٥. كأسين Beakers.
٦. قمع Funnel.

٧. محلول قياسي من كربونات الصوديوم.
٨. دليل الميثيل البرتقالي Methyl orange Indicator.

٤. خطوات التجربة:

١. تملأ السحاحة بمحلول حمض الهيدروكلوريك و تأخذ القراءة الابتدائية للسحاحة
٢. يؤخذ ١٠ مل من محلول كربونات الصوديوم القياسي بواسطة ماصة و ينقل بعناية إلى دورق مخروطي
٣. تضاف قطرة أو قطرتين من دليل الميثيل البرتقالي إلى محلول كربونات الصوديوم في الدورق
٤. يضاف محلول حمض الهيدروكلوريك تدريجيا إلى محلول كربونات الصوديوم مع تحريك الدورق في شكل دائري
٥. عند اقتراب نقطة النهاية يضاف الحمض قطرة قطرة حتى يتغير لون الدليل من أصفر إلى أحمر. و تؤخذ القراءة النهائية للسحاحة.
٦. تعاد الخطوات (١ ـ ٥) ٣ مرات و يؤخذ متوسط الحجم.

الفصل الثالث :

معايرات الترسيب

التجربة : تعيين تركيز محلول كلوريد الصوديوم (طريقة موهر)

١. الخلفية النظرية :

تتفاعل نترات الفضة مع كلوريد الصوديوم طبقاً للمعادلة التالية :

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

راسب أبيض

كذلك فإن نترات الفضة تتفاعل مع K_2CrO4 معطية راسب لا يذوب من كرومات الفضة :

$$2AgNO_3 + K_2CrO_4 \rightarrow Ag_2CrO_4 + 2KNO_3$$

راسب أحمر بني

ولكن على الرغم من ذلك فعندما يتواجد $CrO4^{2-}$ و Cl^- مع بعضهما فسوف يترسب أولاً كلوريد الفضة بفضل انخفاض ذوبانيتها عن ذوبانية كرومات الفضة ، لذا فإن Ag_2CrO_4 سوف تترسب بعد الترسب الكامل لـ Cl^- على هيئة AgCl عند نقطة النهاية عندما يحدث هذا فسوف يلاحظ تكون راسب أحمر بني يدل على نقطة النهاية.

ملاحظة :

هناك شرط يجب أن يستوفى وهو إن وسط المعايرة يجب أن يكون متعادلاً أو قاعدي ضعيف pH = 7 – 8 لأنه في الوسط الحمضي :

- فإن أيون CrO_4^{2-} يتحول إلى $Cr_2O_7^{2-}$:

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

- فإن كرومات الفضة تذوب في المحاليل الحمضية بفضل تكوين الكرومات الهيدروجينية:

$$CrO_4^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCrO_4^-$$

في الوسط القاعدي تترسب الفضة على هيئة هيدروكسيد كما هو واضحا من المعادلة:

$$Ag^+ + OH^- \rightarrow AgOH$$

٣. الأمان و السلامة:

١. راجع القواعد العامة للسلامة (الملحق (١).
٢. الزي المعملي: بالطو، أحذية واقية، نظارات، قفازات.

٣. الأدوات و المواد المستخدمة:

١. سحاحة Burette.
٢. ماصة Pipette.
٣. دورق قياسي (١٠٠ مل) Volumetric flask.
٤. دورق مخروطي Conical flask.
٥. كأسين Beakers.
٦. قمع Funnel.
٧. محلول قياسي من نترات الفضة $AgNO_3$ Silver nitrate.
٨. محلول كلوريد الصوديوم (مجهول التركيز) Sodium Chloride NaCl.
٩. دليل كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 Potassium Chromate Indicator.

٤. خطوات التجربة:

١. تملأ السحاحة بمحلول نترات الفضة القياسي (معلوم المولارية).
٢. يوضع ١٠ مل من محلول كلوريد الصوديوم في دورق مخروطي بواسطة الماصة و يضاف إليه نصف مل من محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 Potassium Chromate.

٣. تضاف نترات الفضة من السحاحة إلى الدورق بكميات قليلة و يدور بعناية للتأكد من اختلاط المتفاعلين.
٤. يستمر في إضافة نترات الفضة حتى يظهر راسب أحمر أو بني غامض.
٥. يدور الخليط فإذا ذهب اللون الأحمر أضيفت قطرة واحدة من النترات و يستمر العمل على هذا المنوال حتى يتكون راسب احمر لا يزول برج الدورق.
٦. تؤخذ قراءة السحاحة و تسجل كحجم نهائي.
٧. تكرر التجربة ٣ مرات.

الفصل الرابع:

معايرات الأكسدة و الاختزال

التجربة: تعيين مولارية برمنجنات البوتاسيوم

١. الخلفية النظرية:

أن برمنجنات البوتاسيوم عامل مؤكسد قوي خصوصاً في الوسط الحمضي تصل برمنجنات البوتاسيوم إلى قوتها التأكسدية القصوى كما هو واضح من خلال المعادلة التالية:

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O + 3H_2O$$

أو من خلال المعادلة الإلكترونية التالية:

$$MnO_4^{2-} + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

يتضح من المعادلة الأخيرة أن عدد الأكسدة للمنجنيز يتغير من +7 إلى +2.

يعتبر حامض الكبريتيك وسط حمضي مناسب وذلك لعدم تأثيره على البرمنجنات في المحاليل المخففة و لا يوصى باستخدام حمض الهيدروكلوريك لأن بعضاً من البرمنجنات سوف تستهلك في أكسدة حمض الهيدروكلوريك إلى الكلور حسب التفاعل التالي :

$$2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

في هذه التجربة فإن التفاعل مابين حمض الأوكساليك و برمنجنات البوتاسيوم يكون كالتالي:

$$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

أو بالصيغة الأيونية:

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$$

يراعى في هذه المعايرة تسخين محلول حامض الأوكساليك إلى حوالي 90 – 60 درجة مئوية حتى لا يتكون راسب بني أثناء المعايرة .

٢. الأمان و السلامة :

١. راجع القواعد العامة للسلامة (الملحق (١).
٢. الزي المعملي: بالطو، أحذية واقية، نظارات، قفازات.

٣. الأدوات و المواد المستخدمة :

١. سحاحة Burette.
٢. ماصة Pipette.
٣. دورق قياسي (١٠٠ مل) Volumetric flask.
٤. دورق مخروطي Conical flask.
٥. كأسين Beakers.
٦. قمع Funnel.
٧. محلول قياسي من حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ Oxalic Acid.
٨. محلول برمنجنات البوتاسيوم (مجهول التركيز) $KMnO_4$ Potassium Permanganate.
٩. حمض الكبريتيك المخفف Dilute Sulphuric Acid.

٤. خطوات التجربة :

١. يوضع ١٠ مل من محلول حمض الأكساليك (**مادة سامة !**) بعناية في دورق مخروطي بواسطة الماصة ثم يضاف إليه ٥ مل من حمض الكبريتيك المخفف المعد لهذه التجربة.
٢. تملأ السحاحة بمحلول برمنجنات البوتاسيوم.
٣. يضاف برمنجنات البوتاسيوم بعناية مع خلط محتويات الدورق بتحريك الدورق في اتجاه دائري (يلاحظ اختفاء لون البرمنجنات من جراء التفاعل).
٤. يستمر في إضافة البرمنجنات بعناية حتى ظهور لونه ثانيا في محلول التعيير.
٥. تؤخذ قراءة السحاحة و تسجل كقراءة نهائية.
٦. تعاد التجربة ٣ مرات و يؤخذ متوسط الحجم.
٧. تعاد الخطوات السابقة بتسخين محلول الأكساليك إلى درجة حرارة حوالي 70 درجة مئوية ثم يعاير قبل أن يبرد.

الفصل الخامس :

التحليل الوزني

١. خطوات التحليل الوزني :

في التحليل الوزني يتم ترسيب العنصر المراد تقديره على شكل مركب شحيح الذوبان و بعد تجفيفه (أو حرقه) يمكن وزنه و بعد الحسابات تستنتج نسبته في العينة.

و تتم عملية التحليل الوزني على عدة خطوات و هي:

١. المعالجة المبدئية.
٢. الترسيب.
٣. الترشيح.
٤. التجفيف أو الحرق.
٥. الوزن.
٦. الحسابات.

٤.

أ ـ المعالجة المبدئية:

في هذه المرحلة يتم ضبط الظروف المناسبة للتجربة كضبط درجة الحرارة و الرقم الهيدروجيني و الأحجام و التراكيز و فصل المتداخلات.

ب ـ الترسيب:

يتم اختيار الراسب المناسب بحيث يكون شحيح الذوبان.

ج ـ الترشيح:

تستخدم طريقتين في عملية الترشيح:

١. الترشيح بواسطة ورق الترشيح: يستخدم ورق الترشيح عديم الرماد Ashless filter بحيث أنه لا يتبقى من الورق إلا كمية ضئيلة جدا يمكن إهمالها $1 X 10^{-5}$ جرام. تختار المسامات المناسبة لترشيح الراسب بحيث لا تسمح بمرور الحبيبات من خلالها.

٢. الترشيح بواسطة بوتقة الترشيح: يتم الترشيح بهذه الطريقة في الحالات التي يجفف فيها الراسب و لا يمكن حرقه في وجود الورقة.

د ـ التجفيف أو الحرق:

يتم التجفيف عند درجة 110 درجة مئوية في فرن تجفيف لمدة ساعة تقريبا و بعد ذلك ينقل إلى المجفف لكي. يوزن الراسب بعد أن يبرد.

للحصول على الصورة الموزونة نضطر في بعض التجارب إلى الحرق الذي يتم عند درجة عالية، عادة 450 ـ 900 ، يمكن أن تصل حتى 1200 درجة مئوية.

د ـ الوزن:

في عملية الوزن يستخدم ميزان حساس بحيث أن نحصل على دقة 0.00001 ± جرام.

و ـ الحسابات:

يتم حساب أولا المعامل الوزني GF:

$$GF=\frac{\text{MW (or atomic weight) of analyte}}{\text{MW of weighed substance}}\times\frac{a}{b}$$

علما بأن:

MW : الوزن الجزيئي.

analyte : المادة المراد تقديرها.

Weighed substance : المادة الموزونة.

a : عدد مولات المادة المراد تقديرها.

b : عدد مولات المادة الموزونة.

و يحسب وزن المادة المراد تقديرها:

$$\text{Weight of analyzed substance (g)} = GF \times \text{weight of precipitate (g)}$$

و أخيرا تحسب النسبة لمئوية للمادة المراد تقديرها:

$$\text{Weight \% of analyzed substance} = \frac{\text{GF} \times \text{weight of precipitate (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

مثال:

تم ترسيب عنصر الكالسيوم الموجود في عينة من ماء الصنبور (حجمها 200 مل) على شكل أكسالات الكالسيوم CaC_2O_4. بعد الترسيب يتم ترشيح غسل و حرق الراسب في بوتقة وزنها 26.6002 جرام.
وزن البوتقة + CaO = 26.7134 جرام. احسب وزن Ca الموجود في 100 مل من الماء.

الحل:

- أولا نحسب GF:

$$\text{GF} = \frac{40.08}{56.08} = 0.7147$$

علما بأن:

الوزن الذري للكالسيوم يساوي 40.08.

الوزن الجزيئي لـ CaO = 56.08.

- نحسب وزن Ca في العينة (200) مل:

$$\text{Weight of Ca (g)} = 0.7147 \times 0.1132 \text{ (g)} = 0.8094 \text{ g}$$

علما بأن وزن الراسب بعد الحرق (CaO) = 26.7134 – 26.6002 = 0.1132 جرام.

نحسب وزن Ca في 100 مل:

$$0.8094 \text{ g} \rightarrow 200 \text{ ml}$$
$$x \rightarrow 100 \text{ ml}$$

$x = 0.4047\ g$

التجربة رقم (١) : تقدير الصوديوم

١. الخلفية النظرية:

يتم تقدير الصوديوم على هيئة صوديوم خلات يورانيل الزنك $NaZn(UO)_2(CH_3COO)_9.6H_2O$ حيث يتم بترسيبه بواسطة محلول خلات يورانيل الزنك المحمضة بحمض الخل ، ونظراً لقابلية الراسب الشديدة للذوبان أثناء الترشيح يتم ترشيحه بالطريقة التالية:

يغسل الراسب بجزء صغير من المرسب لإزالة أي أملاح أخرى موجودة ثم يغسل بالإيثانول الذي يزيل الزيادة من المرسب ثم يغسل بالأسيتون الذي يسهل ويسرع من عملية التجفيف.

٢. الآمان و السلامة:

١. راجع القواعد العامة للسلامة (الملحق (١).

٢. الزي المعملي: بالطو، أحذية واقية، نظارات، قفازات.

٣. المواد الكيميائية و الأدوات:

١. محلول كلوريد الصوديوم تريكزه 2g/L.

كاشف خلات يورانيل الزنك*.

٢. الإيثانول.

٣. الأسيتون.

٤. ماء مقطر.

٥. أدوات ترشيح (بوتقة ترشيح رقم ٤).

٦. ميزان حساس.

٧. كأس سعة 50 مل.

٨. ماصة.

٩. موقد بنزن.

* يحضر كاشف خلات يورانيل الزنك بخلط أحجام متساوية من المحلول (أ) و المحلول (ب). يترك الخليط لمدة 24 ساعة ثم يرشح).

أ ـ المحلول (أ): ذوب 20 جرام من خلات اليورانيل $UO_2(C_2H_3O_2)_2.2H_2O$ المبلور في 4 مل من حمض الخليك المركز و 100 مل من الماء (ربما يكون التسخين ضروري).

ب ـ المحلول (ب): ذوب 60 جرام من خلات الزنك $Zn(C_2H_3O_2)_2.3H_2O$ في 3 مل من حمض الخليك المركز و 100 مل من الماء.

٤. خطوات التجربة:

١. انقل بدقة 10 مل من محلول كلوريد الصوديوم تركيزه 2g/L إلى كأس سعة 50 مل.
٢. بخر المحلول حتى الجفاف على لهب بنزن.
٣. أذب الملح المتبقي في حوالي 1 مل من الماء المقطر، ثم أضف 10 مل من كاشف خلات يورانيل الزنك.
٤. اترك المحلول عند درجة حرارة الغرفة لمدة ٤٥ دقيقة.
٥. رشح المحلول خلال بوتقة الترشيح رقم ٤ المعلوم وزنها من قبل.
٦. اغسل الراسب خمس مرات ـ كل مرة بحوالي 2 مل من كاشف خلات يورانيل الزنك.
٧. اغسل الراسب خمس مرات ـ كل مرة بحوالي 2 مل من الإيثانول.
٨. اغسل الراسب خمس مرات ـ كل مرة بحوالي 2 مل من الأسيتون.
٩. اترك الراسب ليجف عند درجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة، و أوجد وزن الراسب.

٥. الحسابات:

يحسب المعامل الوزني GF كالآتي:

$$GF = \frac{\text{atomic weight of sodium}}{\text{MW of } NaZn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_9.6H_2O}$$

و تحسب النسبة المئوية للصوديوم كالآتي:

$$\%(Na) = \frac{\text{wt. of precipitate} \times GF}{\text{sample weight}} \times 100$$

التجربة رقم (٢) : تقدير الكلوريد

١. الخلفية النظرية

يتم تقدير الكلوريد (كمجموعة متأينة) بترسيبه على هيئة كلوريد الفضة الشحيح الذوبان بواسطة محلول نترات الفضة. و يلاحظ إضافة حمض النتريك المركز خلال التجربة ليساعد على تجميع الراسب و منع التداخل من بعض الآنيونات الأخرى مثل الكربونات و الفوسفات.

$$Cl^- + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NO_3^-$$

كما يلاحظ تجميع الراسب في مكان مظلم لا يتأثر بضوء الشمس.

مثال:

عينة غير نقية من ملح كلوريد الصوديوم وزنها ٥,٣٢ جرام أضيف لها محلول من نترات الفضة فترسب جميع الكلوريد الموجود في العينة على هيئة كلوريد الفضة وزنه ٥,٣٧ جرام. احسب النسبة المئوية الوزنية للكلوريد في العينة.

الحل:

نحسب أولا المعامل الوزني Gravimetric Factor (GF):

$$GF = \frac{\text{MW (or atomic weight) of analyte}}{\text{MW of weighed substance}} \times \frac{a}{b}$$

علما بأن:

MW : الوزن الجزيئي، analyte : المادة المراد تقديرها، Weighed substance : المادة الموزونة (وزن الراسب)، a : عدد مولات المادة المراد تقديرها ، b : عدد مولات المادة الموزونة.

$$GF = \frac{35.5}{143.5}$$

$$GF = 0.2474$$

و أخيرا نحسب نسبة الكلوريد في العينة كالآتي:

$$\text{Weight \% of analyzed substance} = \frac{GF \times \text{weight of precipitate (g)}}{\text{weight of sample (g)}} \times 100$$

$$Cl\% = \frac{0.2474 \times 5.37}{5.32} \times 100$$

$$Cl\% = 25.\%$$

٢. الأدوات المستخدمة

١. كأس سعة ٤٠٠ مل.
٢. ميزان حساس.
٣. محراك زجاجي.
٤. جهاز ترشيح.
٥. بوتقة ترشيح.

٣. المحاليل الكيميائية و الكيمياويات

١. كلوريد الصوديوم الجاف.
٢. حمض النيتريك المركز.
٣. حمض النيتريك 1% (v/v).
٤. محلول نترات الفضة 0.2N.

٤. طريقة العمل:

١. اوزن بدقة ٠,٣ جرام من كلوريد الصوديوم الجاف و انقلها إلى كأس سعة ٤٠٠ مل.

٢. أذب العينة في قليل من الماء المقطر ثم خفف المحلول بالماء إلى حوالي ١٥٠ مل.
٣. أضف حوالي ١٠ قطرات من حمض النيتريك المركز.
٤. أضف محلول نترات الفضة 0.2N مع التقليب ببطء حتى يكتمل الترسيب (يمكنك التأكد من ذلك بترك المحلول فترة ليستقر ثم أضف بضع قطرات أخرى من المرسب فلا يتكون راسب جديد).
٥. سخن المحلول المعلق حتى الغليان مع التقليب حتى يتجمع الراسب.
٦. أبعد الكأس عن اللهب، اترك الراسب ليستقر و اكشف مرة أخرى عن تمام الترسيب، فإذا لم يتكون راسب جديد كرر التسخين مع التقليب.
٧. ضع الكأس مغطى بزجاجة ساعة في مكان مظلم لمدة ٤٥ دقيقة.
٨. رشح المحلول خلال بوتقة ترشيح رقم ٤ سبق وزنها من قبل.
٩. اغسل الراسب بمحلول مخفف من حمض النتريك.
١٠. ضع البوتقة و بداخلها الراسب في فرن التجفيف عند ٢٠٠ درجة مئوية لمدة ٤٥ دقيقة.
١١. أخرج البوتقة من الفرن و ضعها في المجفف لمدة ٢٠ دقيقة حتى تبرد تماما و أوزن الراسب.
١٢. احسب النسبة المئوية للكوريد في العينة المعطاه لك.

النتائج:

وزن البوتقة + كلوريد الصوديوم =

وزن البوتفة فارغة =

وزن كلوريد الصوديوم =

وزن البوتقة + كلوريد الفضة =

وزن البوتقة فارغة =

وزن كلوريد الفضة =

الامتحان الذاتي رقم ١ (الفصل الأول)

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. اذكر الطرق الشائعة للتعبير عن تركيز المحاليل.

٢. احسب الوزن اللازم لتحضير محلول من كربونات الصوديوم تركيزه ٠,١ مولار و حجمه ١ لتر.

٣. احسب وزن ١٠٠ مل لمحلول ذي كثافة تساوي ٢,٥ جرام/سم^{٣}

٤. أكمل الجدول التالي:

الوحدة	رمز الوحدة	Wt/Wt	Wt/Vol	Vol/Vol
الجزء في المليون				
الجزء في البليون				

٥. خفف ١٠ مل من الأسيتون في دورق حجمه ٢٥٠ مل. احسب تركيز المحلول.

٦. احسب عدد المولات الموجودة في ١ مول من كبريتات الكالسيوم $CaSO_4.7H_2O$.

٧. احسب الوزن المكافئ فيما يلي:

(أ) NH_3.

(ب) $H_2C_2O_4$ (عند تفاعله مع NaOH).

(ج) $KMnO_4$ (يختزل المنجنيز من +٧ إلى +٢).

الامتحان الذاتي رقم٢ (الفصل الثاني)

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. اذكر أسباب تغير التركيب في المواد الآتية:

أ. حمض الهيدروكلوريك.

ب. حمض النتريك.

ج. حمض الكبريتيك.

د. هيدروكسيد الصوديوم و هيدروكسيد البوتاسيوم.

هـ . هيدروكسيد الكالسيوم.

و. الأمونيا.

٢. حضر محلول بإذابة 4 جرام من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في 500 مل من الماء المقطر، أخذ 10 مل من هذا المحلول وتمت معايرته بواسطة حامض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 0.1 مولار باستخدام دليل الفينولفثالين. احسب حجم محلول الحامض اللازم للوصول إلى نقطة التعادل.

الامتحان الذاتي رقم ٣ (الفصل الثالث)

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. لماذا تستخدم طريقة موهر في الوسط المتعادل ؟

٢. لدينا أيونات Cl^- و CrO_4^{2-} في تنافس للتفاعل مع الفضة Ag^+. من الذي يترسب أولا : كلوريد الفضة أم كرومات الفضة؟ لماذا؟

٣. اكتب الصيغة الكيميائية فيما يلي: كلوريد الفضة ،كرومات الفضة ، أيون الكرومات، أيون البيكرومات،أيون الثيوسيانات ، ثيوسيانات الفضة.

الامتحان الذاتي رقم ٤ (الفصل الرابع)

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. لماذا لا يستخدم حامض الهيدروكلوريك أو حامض النتريك كوسط حمضي عند استخدام برمنجنات البوتاسيوم في المعايرة .

٢. استخدمت 35 سم^3 من محلول برمنجنات البوتاسيوم لأكسدة 0.2145 جرام من عينة لحامض الأوكساليك ثنائي المائية احسب تركيز محلول برمنجنات البوتاسيوم.

الامتحان الذاتي رقم ٥ (الفصل الخامس)

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. عدد خطوات التحليل الوزني.

٢. احسب المعامل الوزني فيما يلي:

م.	المادة المراد تقديرها	الراسب
أ	P	Ag_3PO_4
ب	K_2HPO_4	Ag_3PO_4
ج	Bi_2S_3	$BaSO_4$

٣. تم تقدير أيون الفوسفات PO_4^{3-} بعد ترسيبه على شكل مركب $(NH_4)_3PO_4.12MoO_3$. وزن العينة يساوي ٠,٢٧١١ جرام و وزن الراسب يساوي ١,١٦٨٢ جرام. احسب النسبة المئوية للفوسفور P في العينة.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ١

١. الطرق الشائعة للتعبير عن تركيز المحاليل هي:
   ١. النسبة المئوية.
   ٢. الجرام/لتر .
   ٣. المولارية.
   ٤. العيارية.
   ٥. الجزء في المليون.

٢. ١٠,٦ جرام.

٣. ٢٥٠ جرام.

٤.

الوحدة	رمز الوحدة	Wt/Wt	Wt/Vol	Vol/Vol
الجزء في المليون	ppm	mg/kg µg/g	mg/L µg/mL	µL/L nL/mL
الجزء في البليون	ppb	µg/kg	µg/L	nL/L
		ng/g	ng/mL	pL/mL

٥. 4% (v/v)

٦. ٢٦٢,٢٥ جرام/مول.

٧. (أ) ١٧,٠٣ ، (ب) ٤٥,٠٢ ، (ج) ٣١,٦٠٨.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٢

١.

أ. حامض الهيدروكلوريك: يتطاير في التركيز العالية.

ب. حامض الكبريتيك: يمتص الماء لكنه لا يصبح رطباً.

ج. حامض النتريك: متطاير وعرضه للتفكك.

د. هيدروكسيدات الصوديوم و البوتاسيوم: تمتص الرطوبة وتصبح رطبة ، تتفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الهواء.

هـ . هيدروكسيد الكالسيوم: لا يذوب بشكل كامل كما أنه يتفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الهواء.

و. الأمونيا: متطاير وهو محلول متغير التركيز.

٢. 20 مل.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٣

١. وذلك للأسباب التالية:

أ. تذوب كرومات الفضة في الأوساط الحمضية:

$$CrO_4^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCrO_4^-$$

كما أن الوسط الحمضي يحول الكرومات إلى الدايكرومات:

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

ب. في الوسط القاعدي تترسب الفضة على هيئة هيدروكسيد:

$$Ag^+ + OH^- \rightarrow AgOH$$

٢. يترسب كلوريد الفضة لأن ذوبانيته أقل من ذوبانية كرومات الفضة.

٣. كلوريد الفضة: AgCl ، كرومات الفضة: Ag_2CrO_4 ، أيون الكرومات: CrO_4^{2-} ، أيون البيكرومات: $Cr_2O_7^{2-}$ ،أيون الثيوسيانات: SCN^- ، ثيوسيانات الفضة: AgSCN.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٤

١. وذلك للأسباب التالية:

أ. بعض البرمنجنات تستهلك في أكسدة حامض HCl إلى الكلور:

$$KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

ب. حامض HNO_3 عامل مؤكسد ويمكن أن يتداخل مع التأثير المؤكسد للبرمنجنات .

٢. 0.01952 مولار.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٥

١. خطوات التحليل الوزني هي:

١. المعالجة المبدئية.
٢. الترسيب.
٣. الترشيح.
٤. التجفيف أو الحرق.
٥. الوزن.
٦. الحسابات.

٢. (أ) ٠,٠٤٣٥٤ ، (ب) ٠,١٩١٣٥ ، (ج) ٠,٧٣٤٢٩.

٣. ٧.١١١ %.